

## Controle do Desenvolvimento Vegetativo em Macieira e Pereira



ISSN 2179-8184

Novembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 147**

## **Controle do Desenvolvimento Vegetativo em Macieira e Pereira**

*Fernando José Hawerroth  
José Luiz Petri*

Embrapa Agroindústria Tropical  
Fortaleza, CE  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroindústria Tropical**

Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici  
CEP 60511-110 Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
Home page: [www.cnpat.embrapa.br](http://www.cnpat.embrapa.br)  
E-mail: [vendas@cnpat.embrapa.br](mailto:vendas@cnpat.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical**

Presidente: *Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior*  
Secretário-Executivo: *Marco Aurélio da Rocha Melo*  
Membros: *Diva Correia, Marlon Vagner Valentim Martins, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Adriano Lincoln Albuquerque Mattos e Carlos Farley Herbster Moura*

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*  
Normalização bibliográfica: *Rita de Cassia Costa Cid*  
Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*  
Foto da capa: *Fernando José Hawerth*

**1ª edição** (2011): on-line

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Nome da Unidade catalogadora**

---

Hawerth, Fernando José.

Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira  
/ Fernando José Hawerth, José Luiz Petri. – Fortaleza : Embrapa  
Agroindústria Tropical, 2011.

36 p. 21 cm. – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical,  
ISSN 2179-8184, 147).

1. Macieira. 2. Pereira. 3. Desenvolvimento. 4. Frutificação. 5.  
Qualidade. I. Petri, José Luiz. II. Título. III. Série.

CDD 634.11

---

© Embrapa 2011

# **Autores**

## **Fernando José Hawerth**

Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Agronomia,  
pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical,  
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici, CEP 60511-110,  
Fortaleza, CE, fernando@cnpat.embrapa.br

## **José Luiz Petri**

Engenheiro Agrônomo, M. Sc. em Fitotecnia,  
pesquisador da Empresa de Pesquisa e Extensão  
Rural de Santa Catarina/Estação Experimental de  
Caçador, SC, e-mail: petri@epagri.sc.gov.br

# **Apresentação**

O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo nas culturas da macieira e da pereira é fundamental para o aumento da eficiência produtiva e a melhoria da qualidade dos frutos. No entanto, fatores genéticos associados às condições edafoclimáticas das regiões de cultivo dessas frutíferas tendem a maximizar o desenvolvimento vegetativo acarretando em vários problemas de manejo, diminuindo a produtividade e a qualidade dos frutos. Assim, os sistemas de produção têm que fazer uso de práticas culturais e de manejo para controlar efetivamente o desenvolvimento vegetativo em níveis compatíveis que otimizem a frutificação.

Nesse sentido, este documento apresenta informações sobre as principais práticas culturais que podem ser adotadas no manejo da macieira e pereira para estabelecer o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e produtivo, necessário à frutificação dessas culturas.

*Vitor Hugo de Oliveira*

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

# Sumário

Introdução.....	9
Desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira.....	10
Fatores que influenciam o desenvolvimento vegetativo.....	12
Fatores genéticos.....	12
Fatores edafoclimáticos .....	13
Manejo de plantas .....	16
Práticas fitotécnicas para controle do desenvolvimento vegetativo .....	17
Poda .....	17
Poda de raízes .....	18
Arqueamento e anelamento de ramos .....	19
Suprimento de água e nutrientes .....	20
Carga de frutos na planta.....	20
Fitorreguladores .....	21
Aumento da frutificação pelo uso de fitorreguladores.....	21
Considerações finais .....	29
Referências .....	31

# Controle do Desenvolvimento Vegetativo em Macieira e Pereira

---

*Fernando José Hawerroth*

*José Luiz Petri*

## Introdução

O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação em espécies frutíferas de clima temperado mostra-se fundamental ao aumento da eficiência produtiva e à melhoria da qualidade dos frutos (SHARMA et al., 2009). Por essa razão, o adequado controle do desenvolvimento vegetativo tem sido uma das principais preocupações no manejo de frutíferas de clima temperado (MEDJDOUB et al., 2004), sobretudo no manejo de pomáceas como a macieira e a pereira. Quando as condições climáticas favorecem o maior desenvolvimento vegetativo das plantas, o equilíbrio necessário à maximização dos índices produtivos nessas espécies é comprometido. No Brasil, nas principais regiões produtoras, a macieira e a pereira apresentam longo período de desenvolvimento vegetativo em relação ao observado em regiões de clima temperado. Isso, associado ao elevado regime pluviométrico e altas temperaturas durante o ciclo, resulta em desenvolvimento vegetativo excessivo, sobretudo em anos de baixa frutificação.

As macieiras e pereiras cultivadas em regiões de clima tropical e subtropical apresentam crescimento maior do que em regiões típicas de clima temperado, devido ao menor acúmulo de frio durante o período hibernar e à maior duração do período de desenvolvimento vegetativo. O crescimento vigoroso da parte aérea e o consequente sombreamento da

copa diminuem a capacidade de interceptação de luz e sua distribuição no interior da copa (CORELLI GRAPPADELLI, 2003; PRIVÉ et al. 2004), afetando negativamente a produtividade, a qualidade dos frutos e o controle de doenças. A utilização de porta-enxertos vigorosos agrava o problema em decorrência de o elevado sombreamento reduzir a diferenciação floral e induzir a formação de drenos vegetativos que competem com as estruturas reprodutivas da planta. O crescimento vigoroso dos ramos (Figura 1-A), em tais condições, reduz a eficiência de tratamentos fitossanitários, além de aumentar significativamente a necessidade de poda. Já o baixo desenvolvimento vegetativo das plantas pode limitar a capacidade de produção de fotoassimilados, diminuir a qualidade dos frutos, além de reduzir capacidade produtiva das plantas, favorecendo a alternância de produção (Figura 1-B).

O desenvolvimento vegetativo de pomáceas requer a utilização de práticas culturais que promovam o adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo, como a poda e outras práticas de manejo.

O objetivo deste trabalho foi informar sobre as principais práticas culturais a serem adotadas, visando ao adequado balanço entre o desenvolvimento e a frutificação em macieiras e pereiras, no intuito de maximizar a eficiência produtiva e a qualidade dos frutos produzidos.

## **Desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**

Em frutíferas de clima temperado, a brotação de gemas e o desenvolvimento de folhas na primavera são essenciais para as plantas produzirem fotoassimilados que suportem novo crescimento, especialmente a frutificação e o desenvolvimento dos frutos (WEBSTER, 2005). Inicialmente, a brotação e o desenvolvimento de folhas são supridos pela mobilização e metabolismo de carboidratos armazenados nas raízes e no tronco. Subsequentemente, as primeiras folhas jovens fornecem novos assimilados para um maior desenvolvimento de folhas e alongamento de ramos, maximizando a capacidade fotossintética da planta. O crescimento



de ramos visa à maximização da interceptação de luz pela planta, com aumento potencial para a fotossíntese. Enquanto certa quantidade de desenvolvimento vegetativo é necessária para manter o vigor, providenciar uma adequada área foliar e formar novos pontos de frutificação, o desenvolvimento e a manutenção de ramos vigorosos e improdutivos são desnecessários e antieconômicos (CAMILO, 2006).



Fotos: Fernando José Hawerroth

**Figura 1.** Macieiras da cultivar Condessa com desenvolvimento vegetativo excessivo (A), e macieiras da cultivar Fuji com desenvolvimento vegetativo insuficiente (B). Fraiburgo/SC, 2006.

Níveis moderados de desenvolvimento vegetativo são vantajosos, pois garantem a formação de flores e adequada frutificação. A penetração de luz na copa de plantas com moderado desenvolvimento vegetativo contribui para melhoria da qualidade de frutos (WEBSTER, 2005). Além disso, a poda e o controle fitossanitário podem ser realizados mais facilmente e de forma eficiente em plantas com moderado desenvolvimento vegetativo em comparação a plantas vigorosas (WERTHEIM; WEBSTER, 2005).

Atualmente, sistemas de plantio em alta densidade de plantas são preconizados na produção de frutíferas de clima temperado. Segundo Miller (1995) e Camilo (2006), a adoção de plantios adensados requer o controle do vigor e da produção. A obtenção de plantas menores, que entram em produção no segundo ano após o plantio, é um pré-requisito para garantir a regularidade na produção de frutas de alta qualidade, além de proporcionar maior eficiência no uso da terra e reduzir os custos na operacionalização da poda e da colheita (MAAS, 2008).

## **Fatores que influenciam o desenvolvimento vegetativo**

O desenvolvimento vegetativo de espécies pomáceas é influenciado por um grande número de fatores. Segundo Webster (2005), eles podem ser divididos em fatores genéticos, fatores edafoclimáticos e o manejo de plantas. Características da cultivar-copa e do porta-enxerto são consideradas como fatores genéticos. O ambiente, especialmente as condições de solo e clima em que as plantas estão sendo conduzidas, tem grande influência sobre o vigor e a duração do crescimento da parte aérea. Da mesma forma, intervenções fitotécnicas, como sistemas de manejo adotados, incluindo poda e condução, nutrição, irrigação e raleio, apresentam grande impacto sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas.

### **Fatores genéticos**

Os porta-enxertos podem ter um significativo efeito no vigor das cultivares-copa. Esses efeitos são evidenciados pela diminuição e precoce paralisação do crescimento vegetativo, encurtamento dos entrenós,

aumento da proporção de ramos orientados horizontalmente e, em alguns casos, diminuição da densidade de ramificações (JACKSON, 2003). Apesar de os porta-enxertos apresentarem significativo efeito no desenvolvimento vegetativo da cultivar-copa, eles nunca suprimem completamente o vigor natural dela (WEBSTER, 2005).

O mecanismo de controle do vigor pelos porta-enxertos tem sido objeto de estudo por muitos anos, o que pode ser atribuído à necessidade de compreensão do processo, no intuito de maximizar sua eficiência (JACKSON, 2003). De acordo com Jackson (2003), o uso de porta-enxertos ananizantes como estratégia fitotécnica no controle do vigor da cultivar-copa é, primeiramente, dependente do reduzido vigor do sistema radicular. Essa característica pode ser inerente ao porta-enxerto ou ser induzida pela limitação do crescimento radicular pelo uso de interenxertos ou pelos efeitos do ponto de enxertia, os quais limitam o suprimento de auxinas, carboidratos e outros metabólitos. O principal efeito do tamanho do sistema radicular no crescimento de ramos é provavelmente via suprimento de citocininas, mas pode ser associado à limitação no suprimento de água e de nutrientes. O ponto de enxertia, por si só, também pode restringir o movimento ascendente de água e nutrientes para a copa, de modo a limitar o desenvolvimento da cultivar-copa.

O desenvolvimento de ramos pode diferir significativamente entre cultivares-copa em relação às taxas de crescimento, época de início e de paralisação do crescimento, capacidade de ramificação, hábito de crescimento (acrotonia/basitonia), comprimento de entrenós e tamanho de folhas (WEBSTER, 2005). Entretanto, as diferenças nos graus de acrotonia ou basitonia e os níveis de formação de gemas florais parecem ser os principais determinantes nas diferenças entre cultivares-copa no desenvolvimento vegetativo.

### **Fatores edafoclimáticos**

A temperatura influencia o crescimento de ramos e folhas, assim como a frutificação. Os efeitos da temperatura são complexos e variáveis nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta (WEBSTER, 2005).

A ocorrência de baixas temperaturas é importante para que a indução da brotação seja uniforme. Segundo Petri et al. (2006), em condições de insuficiente acúmulo de frio para atender sua necessidade fisiológica, as frutíferas de clima temperado exibem crescimento terminal estimulado, o qual inibe a brotação das gemas axilares. O insuficiente período de exposição ao frio, que interrompe a progressão da dormência, influencia negativamente na ramificação e na formação da estrutura das plantas, como abordado por Cook e Jacobs (2000). A falta de brotação das gemas axilares antecipa a brotação de gemas terminais no ciclo vegetativo seguinte, estabelecendo forte dominância apical, além de limitar a brotação das gemas axilares, comprometer a formação de novos ramos reprodutivos e aumentar demasiadamente o desenvolvimento vegetativo.

A dominância apical é governada pela interação hormonal entre auxinas e giberelinas. As auxinas são produzidas nas regiões apicais da planta, sendo que o movimento descendente (basípeto) dessas substâncias aparece como principal sinal na expressão da dominância apical (WEBSTER, 2005). As auxinas influenciam a síntese de citocininas e sua utilização dentro das gemas axilares, afetando a distribuição de citocininas entre os meristemas presentes no ramo. Como resultado, o crescimento de gemas laterais é inibido em razão da limitante concentração de citocininas nesses tecidos. Segundo Erez (2000), o nível de dominância apical é variável entre espécies, com maior polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros e ameixeiras. Devido à vantagem em relação a seu posicionamento, as gemas terminais, na ausência de inibições correlativas, são capazes de estabelecer uma posição dominante em relação às gemas axilares e, portanto, claramente definindo uma tendência de gradiente de brotação acrotônico (COOK; JACOBS, 1999).

Em condições de insuficiência em frio na fase hiberna das plantas, há aumento da dominância apical. Porém, a ocorrência de baixas temperaturas nessa fase reduz o desenvolvimento vegetativo nos ápices dos ramos. No entanto, depois de superada a dormência, o crescimento vegetativo em macieiras e pereiras é usualmente otimizado por temperaturas noturnas de 14 °C e temperaturas diurnas de 20 °C (WEBSTER, 2005). Altas temperaturas, acima de 35 °C, se mantidas

por muitos dias, podem reduzir o crescimento de ramos ou causar sua paralisação.

De acordo com Tromp e Borsboom (1996) e Tromp e Boertjes (1996), temperaturas entre 12 °C e 25 °C, intercaladas por períodos com altas temperaturas, aumentam o crescimento de ramos, mas reduzem a frutificação efetiva e a formação de gemas, maximizando o potencial de desenvolvimento vegetativo na planta. De maneira similar, a queda das temperaturas abaixo de 5 °C durante o dia também causa a redução ou mesmo a paralisação do crescimento. As baixas temperaturas reduzem o metabolismo da planta e a atividade enzimática, ou seja, diminui a fotossíntese, translocação e absorção de água e nutrientes. Resultados obtidos por Bepete e Lakso (1998) indicam que, em condições limitantes à formação de carboidratos, como baixa insolação, o crescimento de ramos apresenta grande vantagem competitiva por carboidratos em relação aos frutos e outros drenos com o aumento da temperatura.

A exposição à luz também é essencial para o crescimento de ramos e folhas. Sob condições de baixa luminosidade, os ramos tendem a estiolarem, resultando em ramos com entrenós maiores e folhas com menor conteúdo de clorofila (WEBSTER, 2005). De acordo com Tartachnyk e Blanke (2001), o decréscimo da intensidade luminosa, temperatura e fotoperíodo limitam a atividade fotossintética, determinando a senescência de folhas e paralisação do crescimento de ramos. A presença de frutos na planta pode estimular e prolongar a fotossíntese devido ao aumento da demanda por assimilados (LENZ, 1980). Tartachnyk e Blanke (2004) observaram que a combinação de fatores ambientais com a época de colheita determina diferentes taxas de senescência foliar no outono em termos de atividade fotossintética, degradação de clorofila e translocação de nitrogênio, afetando a duração do período de crescimento ativo dos ramos.

Ao final do período de verão, o crescimento ativo dos ramos é gradativamente reduzido e, eventualmente, terminado. A paralisação do crescimento dos ramos é atribuído a sinais climáticos, embora o mecanismo envolvido não seja claramente compreendido. A redução

do comprimento dos dias pode ser um dos estímulos à paralisação do crescimento, assim como a competição por assimilados entre os diferentes tecidos drenos presentes na planta (WEBSTER, 2005). Fatores de estresse, como restrição hídrica, calor ou frio, podem resultar em antecipada paralisação do crescimento de ramos e formação de gemas vegetativas dormentes. A paralisação do crescimento de ramos e da formação de gemas dormentes é, provavelmente, provocada por mudanças hormonais na planta, a qual é estimulada por fatores ambientais. No entanto, de acordo com McQueen et al. (2004), não são necessários sinais ambientais para o início do armazenamento de carboidratos nos caules de macieira, sendo determinado pela demanda dos tecidos drenos.

O crescimento de ramos também pode ser influenciado por fatores abióticos e bióticos associados ao solo. Solos profundos, não compactados, com alta fertilidade, especialmente com altos teores de nitrogênio e com disponibilidade de água favorecem o amplo desenvolvimento vegetativo. Em contrapartida, solos com deficiência de nutrientes, pouco profundos e propensos a períodos de deficiência hídrica limitam o desenvolvimento radicular com consequente restrição do crescimento vegetativo (WEBSTER, 2005).

## **Manejo de plantas**

O uso de diferentes técnicas de manejo pode favorecer o controle do desenvolvimento vegetativo em níveis compatíveis à frutificação das plantas. As práticas culturais que aumentam a produção tendem a minimizar o desenvolvimento vegetativo, visto que o aumento da demanda de fotoassimilados pela maior frutificação tende a diminuir a sua disponibilidade para o crescimento de ramos. Assim, o aumento da densidade de plantas invariavelmente resulta em redução no crescimento das raízes e no número e vigor dos ramos. Dessa maneira, a frutificação é uma das maneiras para controlar o vigor, o crescimento dos ramos e o tamanho das plantas (PEREIRA; PETRI, 2006). Segundo Asín e Vilardell (2008), como alternativas para o controle do crescimento vegetativo, insere-se a realização de práticas agrícolas como o uso de porta-

enxertos de menor vigor, deficit de irrigação, poda de raízes, incisões anelares, anelamento de tronco, arqueamento de ramos, poda e uso de fitorreguladores.

## **Práticas fitotécnicas para controle do desenvolvimento vegetativo**

### **Poda**

A poda pode ser utilizada para melhorar o formato das plantas e adequá-las aos diferentes sistemas de condução, exercendo influência sobre o crescimento de ramos, florescimento, frutificação e qualidade de frutos (FERRE; SCHUPP, 2003). De acordo com Webster (2005), a maioria dos modernos sistemas de poda tem por objetivo adaptar as plantas a sistemas de alta densidade de plantio, sendo direcionados a superar a tendência natural de crescimento acrotônico apresentada pela macieira e pereira.

O crescimento de ramos é dependente de água e de absorção de nutrientes minerais pelo sistema radicular, enquanto que as raízes dependem de fotoassimilados produzidos pela parte aérea da planta. A retirada de uma porção dos ramos que compõem a parte aérea da planta reduz a sua capacidade de produção de fotoassimilados, o que repercute na redução do crescimento em outras partes da planta, sendo a energia redirecionada para regenerar o componente faltante (FERRE; SCHUPP, 2003).

A época de poda pode influenciar o grau de resposta de crescimento de ramos (WEBSTER, 2005). Quando a poda é realizada em intensidade de moderada a severa, em plantas que ainda se encontram dormentes, o crescimento de ramos mostra-se maior na estação seguinte do que os ramos de plantas não podadas (WEBSTER, 2005; PEREIRA; PETRI, 2006). Segundo Pereira e Petri (2006), a poda reduz o número de pontos de crescimento da planta, e os remanescentes são sustentados pelo mesmo sistema radicular e assimilados armazenados, o que implica o aumento da disponibilidade de carboidratos, favorecendo maior crescimento dos ramos. Adicionalmente, o número de frutos por planta é reduzido pela poda, a competição por minerais e carboidratos entre



estruturas vegetativas e de frutificação é reduzida, contribuindo ao maior desenvolvimento vegetativo.

A poda de verão realizada antes da colheita, ao final do verão, apresenta efeitos variáveis no crescimento de ramos (MIKA, 1986). Em plantas em frutificação, a poda de verão muitas vezes retarda o crescimento cambial do tronco, diminui o crescimento radicular, restringe o crescimento do dossel, mas é ineficiente na diminuição do crescimento de ramos (TAYLOR; FERRE, 1984).

A poda durante o verão resulta em menor vigor às plantas do que uma poda de inverno realizada em mesma intensidade (PEREIRA; PETRI, 2006), porém há um menor crescimento vegetativo das plantas podadas ao final do verão e início do outono. Segundo esses autores, apesar de a poda de outono muitas vezes não resultar em crescimento visível, ela aumenta a atividade fisiológica das gemas, podendo as plantas tornarem-se suscetíveis às injúrias por frio no inverno.

### **Poda de raízes**

O principal objetivo da poda radicular é reduzir o crescimento de ramos a fim de minimizar a necessidade de poda da parte aérea e equilibrar o desenvolvimento vegetativo-produtivo (WERTHEIM, 2005). A poda radicular tem sido mecanizada, sendo praticada em plantas vigorosas conduzidas sobre porta-enxertos ananizantes.

O desempenho da poda de raízes na redução do crescimento de ramos é muito variável devido à imprecisão das técnicas utilizadas para restrição do sistema radicular (MILLER; TWORKOSKI, 2003). Embora a poda de raízes seja considerada uma opção eficaz para reduzir vigor, mostra-se necessário definir e controlar a sua intensidade, a profundidade de poda e distância do tronco, a fim de otimizar seu desempenho (SCHUPP; FERREE, 1988).

A quantidade de raízes que serão podadas irá depender da distância, profundidade, e método de poda radicular utilizado, assim como dependerá da distribuição espacial das raízes no solo, a qual é influenciada pelo porta-enxerto escolhido, características de solo e densidade de plantio dos pomares (WERTHEIM, 2005). A realização da poda de raízes reduz



a capacidade de o sistema radicular prover sustentação e ancoragem à cultivar-copa. A poda de raízes sem o suprimento de água não é recomendada, especialmente em áreas com solos rasos. Em solos férteis e profundos, a poda de raízes pode não resultar em redução do crescimento, visto que as raízes localizadas abaixo da profundidade de poda compensam a perda das raízes superficiais. A predição dos efeitos da poda de raízes no controle do desenvolvimento vegetativo é dificultada por não se saber exatamente qual a proporção de raízes existentes na planta e qual a quantidade que deve ser eliminada pela poda. Segundo Ferre e Knee (1997), a poda de raízes não é uma técnica adequada para controlar o vigor de cultivares-copa sobre porta-enxertos vigorosos, escolhidos por razões de sobrevivência ou de adaptação do solo, em plantios em alta densidade. Assim, a poda de raízes é uma solução em curto prazo, pois controla o crescimento excessivo de plantas em anos de baixa frutificação, devido às geadas de primavera ou quando realizadas podas drásticas no período de inverno. No entanto, o uso dessa técnica não deve ser indicado em áreas com histórico de ocorrência de fungos de solo, porque os ferimentos causados pela poda facilitam o desenvolvimento de doenças de solo.

### **Arqueamento e anelamento de ramos**

O arqueamento de ramos é um método clássico de controlar o equilíbrio entre desenvolvimento vegetativo e frutificação (LAURI; LESPINASSE, 1999). O arqueamento induz a diminuição do crescimento das brotações nas porções terminais dos ramos, por diminuir a dominância apical (WEBSTER, 2005). O grau de inibição do crescimento pelo arqueamento é influenciado pela orientação em que o ramo será arqueado, pela época de arqueamento e tempo em que os ramos serão mantidos arqueados (LAURI; LESPINASSE, 2001). A orientação dos ramos na posição horizontal exerce efeito negativo em seu crescimento, podendo a redução do crescimento ser maximizada nos ciclos seguintes ao arqueamento, em função da maior formação de gemas florais e frutificação nas ramificações arqueadas (WEBSTER, 2005). Segundo Pereira e Petri (2006), o arqueamento de ramos na horizontal não diminui a concentração de substâncias orgânicas, mas melhora a distribuição destas ao longo do ramo.

O anelamento é um processo em que um anel da casca é removido em toda a circunferência do tronco ou ramo (THERON, 2009), limitando a translocação de seiva via floema, o que influencia nos níveis de carboidratos e hormônios presentes nos tecidos. Os efeitos mais expressivos após a realização do anelamento são o aumento na produtividade (pelo aumento da frutificação efetiva, tamanho do fruto ou ambos), aumento na densidade de floração, diminuição do crescimento de ramos, aumento no conteúdo de sólidos solúveis totais, melhoria da coloração e avanço da maturação dos frutos (GOREN et al., 2004).

### **Suprimento de água e nutrientes**

O crescimento dos ramos em macieiras e pereiras, assim como em outras frutíferas de clima temperado, é maximizado quando há maior disponibilidade de água e nutrientes, especialmente o nitrogênio (WEBSTER, 2005). O excesso de nitrogênio estimula o crescimento vegetativo e atrasa o final do período de crescimento (TROMP, 2005). Assim, o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados, acompanhado de alta disponibilidade de água, promove elevado crescimento de ramos.

A deficiência hídrica durante o período de desenvolvimento vegetativo reduz significativamente o crescimento de ramos (FERREYRA; SELLÉS, 1997). O controle da irrigação permite adequada produtividade e tamanho de frutos pelo abundante suprimento de água quando os frutos estão em amplo crescimento, restringindo o suprimento de água nas épocas com maior desenvolvimento vegetativo e menor demanda dos frutos por água. O déficit hídrico moderado em determinadas fases do ciclo de desenvolvimento da planta pode ser benéfico à qualidade dos frutos, por permitir a paralisação dos meristemas vegetativos, favorecendo o aporte de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos da planta.

### **Carga de frutos na planta**

Como mencionado anteriormente, a carga de frutos influencia o crescimento de ramos na planta. Segundo Webster (2005), os frutos afetam o crescimento de ramos de maneira direta e indireta, já que os frutos competem diretamente com outros drenos da planta (ramos e raízes) por água, nutrientes e assimilados, restringindo sua disponibilidade, o que repercute no menor crescimento vegetativo.

As práticas culturais que aumentam a frutificação e o número de frutos por planta tendem a minimizar o desenvolvimento vegetativo, visto que o aumento da demanda de fotoassimilados pela maior frutificação tende a diminuir a sua disponibilidade para o crescimento de ramos. Assim, o aumento no número de frutos por planta invariavelmente resulta em redução no crescimento das raízes e no número e vigor dos ramos. A maior produção de frutos por planta também causa o arqueamento dos ramos em função de seu peso, determinando redução do crescimento de ramos. O ajuste da carga de frutos na planta por meio do raleio de frutos também se mostra determinante no nível de controle no crescimento vegetativo em função da frutificação.

### **Fitorreguladores**

Preferencialmente, o controle do desenvolvimento vegetativo deve ser realizado por meios naturais, tais como o uso de porta-enxertos de menor vigor, o uso de podas de formação e podas de frutificação. No entanto, se essas soluções não são passíveis de ser implementadas, ou não são suficientes para restringir o vigor da copa, a redução do desenvolvimento vegetativo pode ser obtida pelo uso de fitorreguladores.

O manejo de fitorreguladores na produção de pereiras e macieiras, objetivando o adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e produtivo, pode ser realizado pelo uso de fitorreguladores com ação direta sob o desenvolvimento. Além disso, o uso de fitorreguladores que atuam no aumento da frutificação efetiva pode, indiretamente, controlar o desenvolvimento vegetativo das plantas devido à competição estabelecida entre frutos e ramos em crescimento por água, fotoassimilados e nutrientes, limitando sua disponibilidade ao desenvolvimento vegetativo.

### **Aumento da frutificação pelo uso de fitorreguladores**

A macieira e a pereira requerem polinização cruzada para produção comercial, daí a necessidade do plantio de duas ou mais cultivares no mesmo pomar com período de floração coincidente. Muitas cultivares de macieira e pereira possuem autoincompatibilidade gametofítica (WEIRTHEIM; SCHIMDT, 2005), fator que limita a autofertilização das flores e, conseqüentemente, reduz a frutificação. Problemas relacionados

à polinização e fecundação podem reduzir tanto a produção quanto a qualidade de frutos, pela diminuição da frutificação efetiva e do número de sementes formadas por fruto (FREE, 1993; BRAULT; OLIVEIRA, 1995; KEULEMANS et al., 1996). Altos rendimentos com essas culturas só são obtidos se as condições para a polinização e fecundação forem favoráveis.

Para a obtenção de produções satisfatórias, uma proporção suficiente de flores deve frutificar, o que normalmente ocorre após a polinização e fertilização das flores. Estima-se que 5% a 10% de flores fecundadas resultem em alta produção de frutos (DENNIS JUNIOR, 1996). Porém, em condições adversas à polinização, e quando a intensidade de floração for baixa, a utilização de fitorreguladores pode ser uma prática a ser adotada, de modo a garantir a regularidade da produção de pomáceas.

A fertilização nem sempre é pré-requisito para a frutificação e desenvolvimento de frutos (TROMP; WERTHEIM, 2005). Na macieira e pereira, frutos podem ser produzidos sem a ocorrência da fecundação, sendo esse processo denominado “partenocarpia”. O uso de fitorreguladores durante a floração pode induzir a formação de frutos partenocárpicos, aumentando a frutificação (PETRI, 2006). De acordo com Tromp e Wertheim (2005), a indução da partenocarpia pelos fitorreguladores é mais bem sucedida quando há a tendência natural de formação de frutos sem fertilização, e quando não existem frutos com sementes na mesma inflorescência. A ação de determinados fitorreguladores na frutificação efetiva parece estar associada ao aumento da importação de assimilados pelos frutos por meio da alteração do balanço hormonal, conforme Bangerth (2006) e Lakso et al. (2006), que verificaram, em frutos em abscisão, reduzido transporte polar de auxina do fruto para o pedúnculo associado ao reduzido suprimento de carboidratos.

A maximização e a regularização dos índices produtivos podem ser obtidas pelo uso de fitorreguladores como o thidiazuron (TDZ) (Figura 2), que apresenta grande eficiência no aumento da frutificação da macieira, pereira e em algumas cultivares de ameixeira nas condições do Brasil (PETRI et al., 2001; PETRI, 2008).

O ácido giberélico apresenta resultados positivos na frutificação de pereiras (VERCAMMEN; GOMAND, 2008), embora a resposta seja diferenciada entre cultivares. Segundo Deckers e Schoofs (2002), na ausência de fitorreguladores eficientes para o controle do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, uma opção para controlar o vigor é garantir a regularidade em sua produtividade, que pode ser realizado com tratamentos com giberelinas para maximizar a frutificação. Para Lafer (2008), a aplicação de giberelinas é considerada uma das melhores práticas para aumento da produtividade em pereiras. Aplicações de ácido giberélico sobre plantas com flores danificadas por geadas induzem a formação de frutos partenocárpicos e aumenta a frutificação, porém aplicações em plantas não afetadas pela geada não mostraram nenhum efeito benéfico (LAFER, 2008). De acordo com Deckers e Schoofs (2002), o ácido giberélico ( $GA_3$ ) mostra-se mais eficiente no aumento da frutificação efetiva em pereiras 'Conference' do que a  $GA_{4+7}$  quando aplicados na mesma época e na mesma concentração. O ácido giberélico é o fitorregulador mais utilizado na indução e formação de frutos partenocárpicos (LAFER, 2008). Resultados obtidos por Hawerroth (2010) com os fitorreguladores thidiazuron e ácido giberélico, e a combinação destes, na concentração de  $20 \text{ mg L}^{-1}$ , aplicados na floração, aumentaram significativamente a frutificação e a produção de peras 'Shinseiki'.



Foto: Fernando José Hawerroth

**Figura 2.** Aumento da frutificação de macieiras 'Eva' pulverizadas com thidiazuron (TDZ) na floração. Caçador, SC, 2009.

O uso de inibidores da biossíntese do etileno, como a aminoetoxivinilglicina, pode favorecer a frutificação. De acordo com Wertheim e Webster (2005), os inibidores de etileno, como a aminoetoxivinilglicina, aplicados na floração, suprimem a abscisão de frutos em início de desenvolvimento, aumentando o número de sementes por fruto em pereiras. O aumento da frutificação pode ser resultante do prolongamento do período de polinização devido ao aumento da viabilidade dos óvulos (SANZOL; HERRERO, 2001).

Apesar da diversidade de compostos existentes e com ação comprovada no aumento da frutificação, são poucas as informações sobre a utilização deles na cultura da macieira e da pereira nas principais regiões produtoras do Brasil. Diante a limitação de alguns compostos no aumento da frutificação quando aplicados isoladamente, Wertheim e Webster (2005) sugerem a utilização de combinações de fitorreguladores visando explorar a complementaridade dos efeitos de diferentes substâncias.

### **Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo**

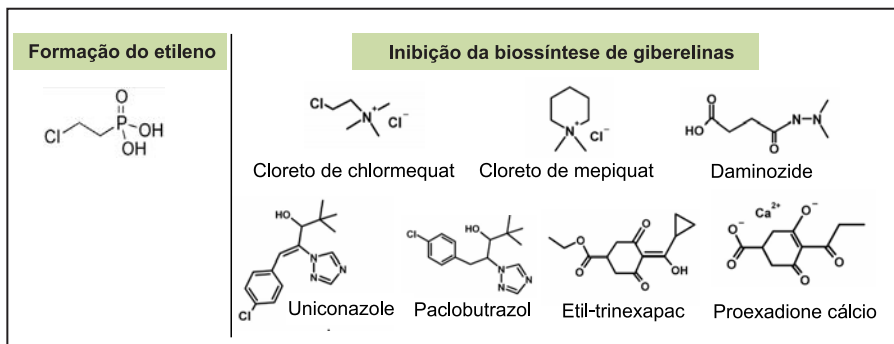
A elongação de ramos apresenta-se relacionada à atividade de giberelinas (OWENS; STOVER, 1999). Por essa razão, vários trabalhos foram desenvolvidos visando à redução do crescimento de ramos pelo uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002).

Na fruticultura, os principais fitorreguladores que possibilitam restringir o desenvolvimento vegetativo são o cloreto de chlormequat, daminozide, ethephon, paclobutrazol e o proexadione cálcio (Figura 3). De acordo com Rademacher (2000), os fitorreguladores que atuam na diminuição do desenvolvimento vegetativo podem ser divididos em inibidores da síntese de giberelinas e compostos que induzem a formação de etileno.

A aplicação de ethephon pode reduzir o crescimento de ramos. O ethephon, quando aplicado em tecidos vegetais, é degradado formando etileno. Segundo Wertheim e Webster (2005), a formação de etileno nos tecidos, possivelmente, induz a diminuição da disponibilidade de

auxinas nas regiões terminais dos ramos, desencadeando a redução do crescimento dos mesmos. Em razão de o ethephon induzir a abscisão e a maturação dos frutos devido ao aumento da síntese do etileno, seu uso visando ao controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras e pereiras não tem se mostrado adequado.

O cloreto de chlormequat, daminozide, paclobutrazol e proexadione cálcio são inibidores da biossíntese de giberelinas, cuja ação baseia-se em bloquear uma ou mais etapas das vias de formação de giberelinas ativas. O cloreto de chlormequat bloqueia a ação de enzimas que iniciam a síntese de giberelinas, enquanto o paclobutrazol bloqueia a ação de enzimas necessárias em etapas posteriores (BROWN et al., 1997). O daminozide e proexadione cálcio atuam nas etapas finais da biossíntese de giberelinas.

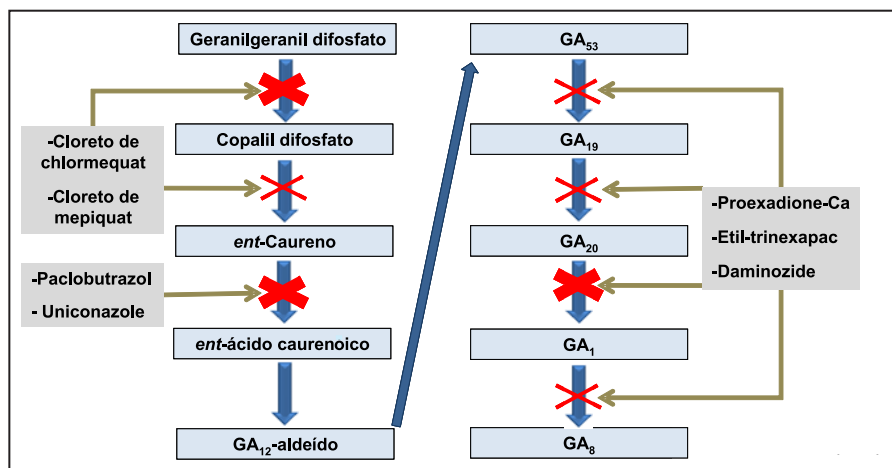


**Figura 3.** Principais substâncias com ação no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras e pereiras, pela atuação na formação do etileno ou pela inibição da biossíntese de giberelinas.

Giberelinas ativas como a  $GA_1$  desempenham um papel importante no alongamento de ramos. Seu precursor imediato é a  $GA_{20}$ , que é biologicamente inativa. A conversão da  $GA_{20}$  para  $GA_1$  é mediada pela enzima  $GA_{20}$ -3  $\beta$ -hidroxilase (RADEMACHER, 2009). O proexadione cálcio regula os estágios finais da biossíntese de giberelinas por interferir na 3  $\beta$ -hidroxilação (ILIAS; RAJAPAKSE, 2005; KIM et al., 2007). Segundo Rademacher (2000), o que ocorre efetivamente é a redução de giberelinas

biologicamente ativas ( $GA_1$ ), pelo aumento nos níveis de giberelinas inativas ( $GA_{20}$ ), uma vez que esse fitorregulador bloqueia a conversão da  $GA_{20}$  para  $GA_1$  (Figura 4).

O cloreto de chlormequat tem sido utilizado principalmente em pereiras, enquanto o daminozide tem sido usado em macieiras, mas recentemente ambas as substâncias foram proibidas em função dos níveis residuais nos frutos e por riscos à saúde humana (WERTHEIM; WEBSTER, 2005).



**Figura 4.** Principais substâncias para controle do desenvolvimento vegetativo e sua atuação na biossíntese de giberelinas.

Fonte: Adaptado de Rademacher (2000).

O paclobutrazol tem sido amplamente divulgado como inibidor do crescimento da parte aérea em pereiras (DHEIM; BROWNING, 1988; SANSAVINI et al., 1988, BROWNING et al., 1992) e em macieiras (CAMILO, 2006). Segundo Camilo (2006), além de seu efeito sobre a supressão do crescimento de plantas, o paclobutrazol pode ter efeito adverso, reduzindo o tamanho dos frutos no ano de aplicação, e também no ano seguinte.

A redução do conteúdo de giberelinas de crescimento ativo e redução da formação de etileno são as principais causas da diminuição do



desenvolvimento vegetativo e do aumento da frutificação em plantas tratadas com proexadione cálcio (RADEMACHER, 2000; RADEMACHER et al., 2006). O proexadione cálcio é um inibidor da biossíntese de giberelinas, tendo a propriedade de reduzir o desenvolvimento vegetativo (OWENS; STOVER, 1999; UNRATH, 1999; BASAK; RADEMACHER, 2000; VILARDELL et al., 2000). O proexadione cálcio é menos eficiente em reduzir o desenvolvimento vegetativo do que o paclobutrazol (ASÍN et al., 2005). O paclobutrazol apresenta como grande desvantagem a sua longa persistência nas plantas e alta toxicidade (GREENE, 1986; STEFFENS; WANG, 1986). Porém, em função de o proexadione cálcio apresentar rápido catabolismo metabólico (EVANS et al., 1997), baixa toxicidade e persistência limitada (OWENS; STOVER, 1999), apresenta baixa toxicidade para o homem e o ambiente (RADEMACHER; KOBER, 2003), seu uso mostra-se preferencial em relação ao paclobutrazol. Segundo Rademacher et al. (2006), a translocação do proexadione cálcio de forma acrópeta no xilema traz como benefício o controle efetivo do desenvolvimento vegetativo em distintas partes da planta. Devido a sua baixa persistência e ao tipo de movimento dentro das plantas, pouco ou nenhum resíduo é encontrado nos frutos. Diferente do paclobutrazol e de outros compostos mais estáveis, a vida média do proexadione cálcio no solo com atividade microbiana é menor que 24 horas (RADEMACHER et al., 2006).

Trabalhos de Unrath (1999), Miller (2002) e Cline et al. (2008) relatam que o proexadione cálcio pode reduzir de 18% a 60% o crescimento de ramos de macieiras. Em pereiras 'Hosui', a redução da massa total de ramos podados pelo uso de proexadione cálcio variou de 28,6% a 63% em relação a plantas não tratadas (HAWERROTH, 2010). O controle do desenvolvimento vegetativo de pereiras advindo da aplicação de proexadione cálcio pode ser observado na Figura 5.

Resultados obtidos por Hawerroth (2010) descrevem a efetividade do proexadione cálcio na redução do desenvolvimento vegetativo em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', enxertadas sobre 'Marubakaido' com interenxerto de M9, nas condições do Sul do Brasil. Além disso, esse autor observou o aumento da produção de maçãs 'Imperial Gala'

proporcionado pelo uso do proexadione cálcio, em concentrações de 165 g ha<sup>-1</sup> a 330 g ha<sup>-1</sup>. Esses resultados evidenciam o potencial de aumento da capacidade produtiva dos pomares quando utilizadas técnicas efetivas no controle do desenvolvimento vegetativo, no intuito de equilibrá-lo em níveis compatíveis à frutificação das plantas. No entanto, a demasiada restrição do desenvolvimento vegetativo tende a reduzir a produtividade devido à limitação da superfície fotossintetizante, quando aplicadas altas concentrações de proexadione cálcio em macieiras ‘Fuji Suprema’.

Fotos: Fernando José Hawerth



**Figura 5.** Pereiras ‘Hosui’ enxertadas sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana* aos 50 dias após a plena floração: planta do tratamento testemunha – sem aplicação (a); planta tratada com proexadione cálcio a 825 g ha<sup>-1</sup> (b). Capão do Leão, RS, 2010.

Além da diminuição do dossel vegetativo, observaram-se indícios de que a eficiência dos tratamentos fitossanitários tenha sido otimizada pelo uso do proexadione cálcio, devido à diminuição do dossel vegetativo. Segundo Rademacher (2009), a redução do desenvolvimento vegetativo

pelo proexadione cálcio permite reduzir o período de molhamento foliar e aumentar a cobertura das pulverizações, diminuindo os danos causados por pragas e doenças.

O proexadione cálcio apresenta bons resultados em macieiras, porém, quando utilizado em altas concentrações em pereiras, seu uso pode ser menos eficiente em função de efeitos negativos sobre o florescimento (DECKERS; SCHOOFS, 2004). O efeito mais expressivo da aplicação de altas concentrações de proexadione cálcio é a redução do retorno floral no ano seguinte à aplicação do tratamento (SUGAR et al., 2002; MEINTJES et al., 2005; ASIN et al., 2005).

O proexadione cálcio, na forma de ácido livre, apresenta semelhanças estruturais com o ácido 2-oxoglutárico e ácido ascórbico e, consequentemente, inibe distintas dioxigenases que requerem estes compostos como cossubstratos (COSTA et al., 2006; RADEMACHER, 2009). Segundo Rademacher (2009), as dioxigenases, sendo bloqueadas, catalisam reações de biossíntese de giberelinas de menor grau de atividade, diminui a síntese de etileno, e altera a biossíntese de flavonoides. O etileno é gerado a partir do ácido 1-carboxi-1-amino-ciclopropano (ACC) em reação catalisada pela ACC oxidase, enzima que requer o ácido ascórbico como cossubstrato.

## **Considerações finais**

As condições climáticas das principais regiões produtoras de macieira e pereira no Brasil são caracterizadas pela alta precipitação pluvial anual, altas temperaturas no período de crescimento, períodos hibernais curtos e com insuficiente acúmulo de frio. Esses fatores favorecem o maior desenvolvimento vegetativo das plantas, sobretudo quando se utilizam porta-enxertos vigorosos, e em anos de baixa frutificação. Em cultivos realizados em regiões de clima subtropical e tropical, existe a tendência de aumento do desenvolvimento vegetativo, pelo fato de as condições climáticas influenciarem o maior desenvolvimento da dominância apical, resultando em plantas vigorosas, com ramos longos e copas altas.

A utilização de interenxertos e porta-enxertos são alternativas para a redução do desenvolvimento vegetativo e obtenção de plantas produtivas. No entanto, a enxertia não assegura o controle total do desenvolvimento vegetativo. Daí a necessidade de utilização de outras técnicas e práticas de manejo como o uso de porta-enxertos de menor vigor, o déficit de irrigação, a poda de raízes, incisões anelares, o anelamento de tronco, o arqueamento de ramos, a poda e o uso de fitorreguladores.

O controle do desenvolvimento vegetativo da macieira e da pereira pela poda verde e poda hiberna é essencial para garantir a produtividade do pomar e otimizar a qualidade dos frutos. Como a poda determina o aumento da necessidade de mão de obra, resultando no aumento dos custos de produção, o uso de fitorreguladores insere-se como alternativa. O controle do desenvolvimento vegetativo por meios químicos pode ajudar a reduzir o crescimento excessivo, limitando o tamanho das plantas ou restringindo o crescimento em determinado momento, permitindo melhor equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação, necessário ao aumento da capacidade produtiva de macieiras e pereiras.

# Referências

ASIN, L.; DALMAU, R.; BONANY, J.; PAGES, J. M.; VILARDELL, P. Effect of Prohexadione-Ca on growth regulation, yield, fruit set and return bloom in 'Blanquilla' and 'Conference', the two main pear cultivars in Spain. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 525-532, 2005.

ASÍN, L.; VILARDELL, P. Effect of root pruning, prohexadione-Ca and their combination on growth control, return bloom and yield, in a 'Blanquilla' pear orchard. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 147-154, 2008.

BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still an enigma? **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 177-195, 2006.

BASAK, A.; RADEMACHER, W. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of Prohexadione-Ca. **Acta Horticulturae**, Brussels, v. 514, p. 41-50, 2000.

BEPETE, M.; LAKSO, A. N. Differential effects of shade on early season fruit and shoot growth rates in 'Empire' apple branches. **HortScience**, Alexandria, v. 33, p. 823-825, 1998.

BRAULT, A.; OLIVEIRA, D. Seed number and an asymmetry index of 'McIntosh' apples. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 44-46, 1995.

BROWN, R. G. S.; KAWAIDE, H.; YANG, Y. Y.; RADEMACHER, W.; KAMIYA, Y. Daminozide and proexadione have similar modes of action as inhibitors of the late stages of gibberelin metabolism. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 309-313, 1997.

BROWNING, G.; KUDEN, A.; BLAKE, P. Site of (2RS, 3RS)-paclobutrazol promotion of axillary flower initiation in pear cv. Doyenne du Comice. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 67, n. 1, p.121-128, 1992.

CAMILO, A. P. Reguladores de crescimento. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 661-689.

CLINE, J. A.; EMBREE, C. G.; HEBB, J.; NICHOLS, D. S. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple - Effect of spray surfactants. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 88, n.1, p. 165-174, 2008.

COOK, N.; JACOBS, G. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v. 275, p. 233-236, 2000.

COOK, N.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1213-1216, 1999.

CORELLI GRAPPADELLI, L. Light relations. In: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. J. **Apples, production, botany and uses**. Wallingford: CAB International, 2003. p. 195-216.

COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; SPINELLI, F.; RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca: more than a growth regulator for pome fruit trees. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 107-116, 2006.

DECKERS, T.; SCHOOF, H. Growth reduction and flower bud quality on pear trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 249-258, 2004.

DECKERS, T.; SCHOOF, H. Improvement of fruit set on young pear trees cultivar 'Conference' with gibberellins. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 735-743, 2002.

DENNIS JUNIOR, F. G. Fruit set. In: The FRUIT physiology: growth e development. Yakima: Good Fruit Grower, 1996, p. 165.

DHEIM, M. A.; BROWNING, G. The mechanism of the effect of (2RS, 3RS)-paclobutrazol on flower initiation of cvs Doyenne du Comice and Conference. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 63, n.3, p. 393-405, 1988.

EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. London: Kluwer, 2000. p. 17-48.

EVANS, R. R.; EVANS, J. R.; RADEMACHER, B. H.; KAPPEL, F. Prohexadione calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. **Acta Horticulturae**, Washington, v. 451, p. 663-666, 1997.

FERRE, D. C.; KNEE, M. Influence of root pruning and rootstock on growth and performance of 'Golden Delicious' apple. **HortScience**, Alexandria, v. 32, p. 645-648, 1997.

FERRE, D. C.; SCHUPP, J. R. **Pruning and training physiology**. In: FERRE, D.C.; WARRINGTON, I. J. **Apples: botany, production and uses**. London: CABI, 2003, p. 319-344.

FERREYRA, R. E.; SELLÉS, G. **Manejo del riego en condiciones de restricción hídrica**. Serie La Platina 67. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile, 1997. 38 p.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**, 2ed. San Diego: Academic Press, 1993.

GOREN, R. HUBERMAN, M. GOLDSCHMIDT, E. E. Girdling: Physiological and horticultural aspects. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 30, p. 1-35, 2004.

GREENE, D. W. Effect of paclobutrazol and analogs on growth, yield, fruit quality, and storage potential of 'Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 111, p. 328-332, 1986.

HAWERROTH, F. J. **Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira**. 2010, 154f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2010.

ILIAS, I.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 190-202, 2005.

JACKSON, J.E. Mechanisms of rootstock and interstock effect on scion vigour. In: JACKSON, J. E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 141-156.

KEULEMANS, J.; BRUSSELLE, A.; EYSEN, R. et al. Fruit weight in apple as influenced by seed number and pollinizer. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 423, p. 201-210, 1996.

KIM, H. Y.; LEE, I. J.; HAMAYUN, M.; KIM, J. T.; WON, J. G.; HWANG, I. C.; KIM, K. U. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, p. 445-451, 2007.

LAFER, G. Effects of different bioregulator applications on fruit set, yield and fruit quality of 'Williams' Pears. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 183-188, 2008.

LAKSO, A. N.; ROBINSON, T. L.; GREENE, D. W. Integration of environment and fruit abscission via carbon balance modeling – implications for understanding growth regulators response. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 321-326, 2006.

LAURI, P-É.; LESPINASSE, J. M. Apple tree training in France: current concepts and practical implications. **Fruits**, Paris, v. 54, p. 441-449, 1999.

LAURI, P-É.; LESPINASSE, J. M. Genotype of apple trees affects growth and fruiting responses to shoot bending at various times of a year. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 129, p. 169-174, 2001.

LENZ, F. Effect of fruit load on photosynthetic rates of budded apple trees. **Gartenbauwiss**, v. 45, p. 220-224, 1980.

MAAS, F. Strategies to control tree vigour and optimise fruit production in 'Conference' Pears. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 139-146, 2008.

MCQUEEN, J. C.; MINCHIN, P. E. H.; SILVESTER, W. B.; GREEN, T. G. A. Carbohydrate allocation in apple stems can be altered by fruit load. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 267-273, 2004.

MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoother Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 243-253, 2004.

MEINTJES, J. J.; STASSEN, P.; THERON, K. J. The effects of different rates of Prohexadione-Calcium and girdling on shoot growth and fruit quality when applied to different pear cultivars. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 539-546, 2005.

MIKA, A. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 8, p. 337-378, 1986.

MILLER, S. S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, n.1, p.11-28, 2002.

MILLER, S. S. Root pruning and trunk scoring have limited effect on young bearing apple trees. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 981-984, 1995.

MILLER, S. S.; TWORKOSKI, T. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. **Quarterly reports on plant growth regulation and activities of the PGRSA**, v. 31, n.1, p. 8-46, 2003.

OWENS, C. L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.

PEREIRA, A. J.; PETRI, J. L. Poda e condução da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 391-418.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 229-260.

PETRI, J. L. Problemática da cultura da pereira no Brasil. In: II REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DA PEREIRA, 2., 2008. Lages. **Anais...** Lages: Santa Catarina, 2008. p. 17-19.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 261-297.

PETRI, J. L.; SCHUK, E.; LEITE, G. B. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 513-517, 2001.



PRIVÉ, J. P. FAVA, E., CLINE, J. E., BYL, M. Preliminary results on the efficacy of apple trees fruit with the growth retardant Prohexadione–Calcium (Apogee) in the Eastern Canada. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 137-144, 2004.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca – A new plant bioregulator for use in apple production. In: ENCONTRO SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 11., 2009, Fraiburgo, SC, **Anais...** Caçador: Epagri, 2009, p. 1-10, v. 1 (Palestras).

RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, p. 101-107, 2003.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Saitillo, v. 727, p. 97-106, 2006.

SANSAVINI, S.; CRISTOFERI, G.; MONTALTI, P. Effects of Paclobutrazol on growth, fruiting, carbohydrate metabolism in pear trees. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 2, p. 52-57, 1988.

SANZOL, J.; HERRERO, M. The 'effective pollination period' in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 90, p. 1-17, 2001.

SCHUPP, J. R.; FERRE, D.C. Effects of root pruning at four levels of severity on growth and yield of 'Melrose'/M.26 apple trees. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 113, n. 2, p. 194-198, 1988.

SHARMA, S.; REHALIA, A. S.; SHARMA, S. D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits – A review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2009.

STEFFENS, G. L.; WANG, S. Y. Biochemical and physiological alterations in apple trees caused by a gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol. **Acta Horticulturae**, Bologna-Rimini, v. 179, p. 433-442, 1986.

SUGAR, D.; ELFVING, D. C.; MIELKE, E. A. Effects of Prohexadione-Calcium (Apogee™) on blossoming, production and fruit quality in pear. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 757-760, 2002.

TARTACHNYK, I.; BLANKE, M. Key processes in leaf senescence of fruiting apple trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 56-66, 2004.

TARTACHNYK, I.; BLANKE, M.M. Environmental effects on apple tree physiology. **Acta Horticulturae**, Nelson, v. 557, p. 465-471, 2001.

TAYLOR, B. H.; FERRE, D. C. The influence of Summer pruning and cropping on the growth and fruiting of apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 109, p. 19-24, 1984.

THERON, K. I. Plant girdling: physiology and techniques. In: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado, 10, 2009, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador, SC: Epagri, 2009. p. 53-61.

TROMP, J. Mineral nutrition. In: TROMP, J.; WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. p. 55-64.

TROMP, J.; BOERTJES, B. C. The effect of air temperature in successive periods of the growing season on sylleptic shoot shoot formation in young apple trees. **Plant Growth Regulation**, v. 19, p. 177-182, 1996.

TROMP, J.; BORSBOOM, O. Post-blossom temperature is especially important for fruit set. **Fruitteelt**. v. 86, p. 14-15, 1996.

TROMP, J.; WERTHEIM, S. J. Fruit growth and development. In: TROMP, J.; WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. p. 240-266.

UNRATH, C. R. Prohexadione-Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1197-1200, 1999.

VERCAMMEN, J.; GOMAND, A. Fruit set of 'Conference': a small dose of gibberellins or Regalis. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, n. 1, p. 131-138, 2008.

VILARDELL, P.; CARBO, J.; BONANY, J.; GUANTER, G.; SOCIAS, R. Aplicaciones foliares de prohexadione-Ca para reducir el crecimiento vegetativo de árboles de manzano y de peral. **Jornadas de experimentación en fruticultura**, Zaragoza: ITEA, 2000, v. 21, p. 217-223.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.

WEIRTHEIM, S. J.; SCHMIDT, H. Flowering, pollination and fruit set. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. p. 216-239.

WEIRTHEIM, S. J.; WEBSTER, A. D. Manipulation of growth and development by plant bioregulators. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. p. 267-294.

WERTHEIM, S. J. Pruning. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. p. 176-189.



---

***Agroindústria Tropical***

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

